

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-168405
(P2001-168405A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース(参考)

H 0 1 L 41/083

B 8 1 B 3/00

B 8 1 B 3/00

H 0 1 L 41/08

S

H 0 1 L 41/22

41/22

Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全9頁)

(21) 出願番号

特願平11-345809

(22) 出願日

平成11年12月6日 (1999.12.6)

(71) 出願人 391039896

株式会社住友金属エレクトロデバイス
山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1

(72) 発明者 今津 信二

山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1
株式会社住友金属エレクトロデバイス内

(74) 代理人 100093779

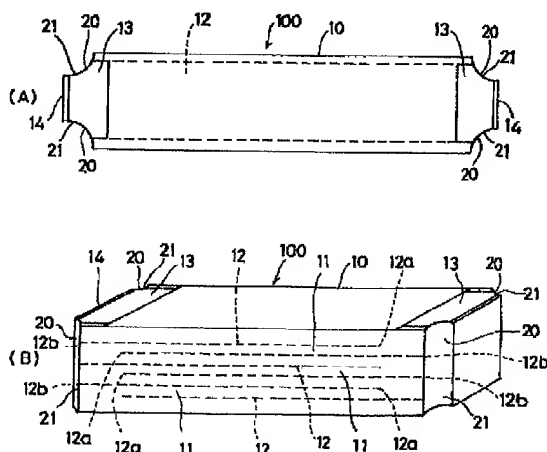
弁理士 服部 雅紀

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で、駆動面の剛性および寸法精度が向上される積層型圧電素子を提供する。

【解決手段】 積層体10の積層方向の稜部に相当する部分に上面から下面に達する溝部20が形成され、溝部20の内壁に内部電極12と外部電極13とを内部電極の一層おきに電気的に接続する導体部21が設けられているので、作動時の応力集中を緩和してクラック等の発生を抑制し、破壊を防止することができる。また、導体部21の接続不良が防止され、駆動面14に外部電極を設ける必要がないので、外部電極の形成方法に関わらず、簡単な構成で駆動面14の剛性および寸法精度を向上することができる。さらに、積層体10の側面に溝を形成する必要がないので、曲げ強度が向上して作動時の破壊が防止され、一対の外部電極13が近接しないので、電気的な短絡が防止され、活性部面積を大きくとることが可能となり、変位量が増大して伸び率が向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体層と電極層とが交互に積層され、横方向の振動モードを利用する積層型圧電素子であって、

前記圧電体層および前記電極層からなる積層体の積層方向の上面または下面の一方、あるいは両方に設けられる外部電極と、

前記積層体の積層方向の稜部に相当する部分に前記上面または前記下面の一方、あるいは両方に達して形成される溝部と、

前記溝部の内壁に設けられ、前記電極層および前記外部電極を前記電極層の一層おきに電気的に接続する導体部と、

を備えることを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項2】 圧電体層と電極層とが交互に積層され、横方向の振動モードを利用する積層型圧電素子を製造する方法であって、

圧電材料を含むグリーンシートを作製する工程と、

前記グリーンシートの一方の面または両方の面に電極パターンを形成する工程と、

前記電極パターンが形成されたグリーンシートを複数枚積層し一体化する工程と、

一体化された積層体に貫通穴を形成し、前記貫通穴の内壁に導体ペーストを塗布する工程と、

前記導体ペーストが塗布された積層体を前記貫通穴の位置が角部に相当するように切断し焼成する工程と、

を含むことを特徴とする積層型圧電素子の製造方法。

【請求項3】 圧電体層と電極層とが交互に積層され、横方向の振動モードを利用する積層型圧電素子を製造する方法であって、

圧電材料を含むグリーンシートを作製する工程と、

前記グリーンシートに通孔を形成し、前記通孔の内壁に導体ペーストを塗布し、一方の面または両方の面に電極パターンを形成する工程と、

前記電極パターンが形成されたグリーンシートを複数枚積層し一体化する工程と、

前記一体化された積層体を前記通孔の位置が角部に相当するように切断し焼成する工程と、

を含むことを特徴とする積層型圧電素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電素子およびその製造方法に関し、特に圧電アクチュエータに好適な積層型圧電素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】積層型圧電アクチュエータは、従来の積層型チップコンデンサの製造方法を応用して製作されたものであり、圧電体層と電極層とが交互に積み重なった構造になっている。例えば図12に示すように、圧電基板51の上下方向に隣り合う内部電極52は左右方向に

交互に位置がずらされており、一边端部52aが1つのアクチュエータ側面から交互に露出しないようになってい。露出状態にある内部電極52の端部52bは、アクチュエータ側面に形成された一对の外部電極53と電気的に接続され、上下に隣り合う内部電極52を異極としている。この状態で外部電極53に電圧が印可されることにより内部電極52間の電圧基板51に変位を生じて、アクチュエータとしての機能を果たすことになる。

【0003】また、他の従来型の積層型圧電アクチュエータとしては、例えば図13に示すように、圧電基板61の上下面に全面に及ぶように内部電極62が形成されているもので、アクチュエータの側面において、内部電極62を1層とび毎に絶縁シール部材64で被覆する部分を設け、その上に導電材料からなる外部電極63を被着させる構造とする方法がある。さらにアクチュエータの他側面においては、一側面において絶縁シール部材64により被覆された内部電極62の他方の端部がその他側面に形成された外部電極63と電気的に接続される構造とすることで、上下に隣り合う内部電極62が異極として機能し、アクチュエータとして図12に示す積層型圧電アクチュエータと同様の作用を示すことになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、横方向の変位を利用する(31モード)圧電アクチュエータは、変位する方向と直交する面において発生する力を利用するものが殆どである。このため、変位する方向と直交する面、すなわち駆動面に外部電極を設けた場合、微小変位量を制御する圧電アクチュエータにおいては、外部電極の剛性および厚み寸法精度が高いことが要求されている。したがって、外部電極を厚膜法により形成すると、外部電極の高剛性および厚み寸法の高精度を確保することが困難であるため、スパッタリング、蒸着およびめっき等の薄膜法により外部電極を形成することが一般的であった。

【0005】しかしながら、薄膜法により外部電極を形成した場合、厚膜法により外部電極を形成したものに比べて、外部電極の膜界面強度において劣るという問題があった。さらに、駆動面に外部電極を設けた場合、積層体の稜部(角部)に応力が集中し、外部電極と内部電極との接続部で導通不良が起きる恐れがあるという問題があった。

【0006】そこで、例えば特開昭63-155808号公報に開示されるように、圧電基板にビアホールを形成し、このビアホールに導体部を埋設して上記の導体部によって内部導体を一層おきに接続するような構成の圧電アクチュエータが知られている。しかしながら、このような構成の圧電アクチュエータにおいては、①内部電極とビアホールに埋設した導体部との接続の程度を確認することが困難であるため、信頼性に欠け、またアクチュエータ内部は伸縮率が高いため、接続不良を起こし易

い、②内部電極が相互に重なり合う部分である活性部面積が小さく、変位量が減少して伸び率が低下する傾向にある、③ビアホール形成は精度を要するものであり、製造が困難であるという問題があった。

【0007】また、例えば特開平7-30164号公報に開示されるように、内部電極が引き出された側面に溝を形成して溝の内部に導通用電極を配設し、この導通用電極を介して積層体の側面に形成された外部電極を上下面に形成された外部電極の少なくとも一方に導通させるようにした圧電アクチュエータが知られている。しかしながら、このような構成の圧電アクチュエータにおいては、①積層体の側面に溝が形成されているため、曲げ強度が低下し、作動時に溝の近傍に応力が集中して溝の内

壁を起点として破壊する恐れがある、②一対の外部電極を積層体の上下面のいずれか一方に設けた場合、一対の外部電極同士が近接し、電氣的な短絡を起こす恐れがあるという問題があった。

【0008】本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、簡単な構成で、駆動面の剛性および寸法精度が向上される積層型圧電素子を提供することを目的とする。本発明の他の目的は、導体部の接続不良を防止し、伸び率が向上する積層型圧電素子を提供することにある。

【0009】本発明のさらに他の目的は、曲げ強度が向上し、外部電極の電氣的な短絡を防止する積層型圧電素子を提供することにある。本発明の他の目的は、製造が容易で製造コストが低減可能な積層型圧電素子の製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1記載の積層型圧電素子によると、圧電体層と電極層とが交互に積層され、横方向の振動モードを利用する積層型圧電素子であって、圧電体層および電極層からなる積層体の積層方向の上面または下面の一方、あるいは両方に外部電極が設けられ、上記積層体の積層方向の稜部に相当する部分に上面または下面の一方、あるいは両方に達する溝部が形成され、電極層および外部電極を電極層の一層おきに電氣的に接続する導体部が溝部の内壁に設けられている。ここで、横方向の振動モードを利用する積層型圧電素子とは、例えば図9に示すように、分極方向が積層方向と同一方向でありながら、取り出す変位方向が分極方向と直交する方向である積層型圧電素子のことをいう。それに対して、縦方向の振動モードとは、分極方向と利用する変位方向が積層方向と同一方向であるものをいう。

【0011】横振動モードを利用する積層型圧電素子は、応力集中箇所は積層体の駆動面の稜部近傍に集中し易い。そのため、繰り返し連続駆動が行われると、上記の稜部にクラックが発生し易いという問題がある。しかしながら、本発明においては、積層体の積層方向の稜部

に相当する部分に上面または下面の一方、あるいは両方に達する溝部が形成されているので、上記の応力集中を緩和し、その結果、クラック等の発生を抑制することができる。また、電極層および外部電極を電極層の一層おきに電氣的に接続する導体部を溝部の内壁に設けることで、導体部の接続不良を防止することができる。さらに、活性部面積を大きくとることが可能となり、変位量が增大して伸び率が向上する。

【0012】このように本発明においては、駆動面に外部電極を設ける必要がないので、外部電極の形成方法に関わらず、簡単な構成で駆動面の剛性および寸法精度を向上することができる。さらに、積層体の側面に溝を形成する必要がないので、曲げ強度が向上して作動時の破壊が防止される。さらにまた、積層体の上面または下面の一方に一対の外部電極を設けても、一対の外部電極同士が近接することではなく、電氣的な短絡を防止することができる。

【0013】本発明の請求項2記載の積層型圧電素子の製造方法によると、圧電材料を含むグリーンシートを作製し、このグリーンシートの一方の面または両方の面に電極パターンを形成し、電極パターンが形成されたグリーンシートを複数枚積層して一体化し、一体化された積層体に貫通穴を形成して貫通穴の内壁に導体ペーストを塗布し、導体ペーストが塗布された積層体を貫通穴の位置が角部に相当するように切断し焼成する。このため、積層型圧電素子の内部電極と、外部電極とをグリーンシートに厚膜法により形成して積層し、内部電極および外部電極を接続する導体部をグリーンシート積層体に厚膜法により形成した後、貫通穴の位置で切断して同時焼成を施すことができる。したがって、高耐久性および高信頼性を有する積層型圧電素子を容易に製造することができ、製造コストを低減することができる。

【0014】本発明の請求項3記載の積層型圧電素子の製造方法によると、圧電材料を含むグリーンシートを作製し、グリーンシートに通孔を形成して通孔の内壁に導体ペーストを塗布し、一方の面または両方の面に電極パターンを形成し、電極パターンが形成されたグリーンシートを複数枚積層して一体化し、一体化された積層体を通孔の位置が角部に相当するように切断し焼成する。このため、積層型圧電素子の内部電極と、外部電極と、内部電極および外部電極を接続する導体部とを厚膜法によりグリーンシートに形成し積層した後、通孔の位置で切断して同時焼成を施すことができる。したがって、高耐久性および高信頼性を有する積層型圧電素子を容易に製造することができ、製造コストを低減することができる。

【0015】本発明の圧電材料としては、圧電特性を有するBaTiO₃（チタン酸バリウム）、PbTiO₃（チタン酸鉛）やPbZrO₃（ジルコン酸鉛）等の圧電セラミックス材料単体が用いられ、PZT（Pb

(Zr, Ti)O₃)、PLZT((Pb, La)(Zr, Ti)O₃)等の多成分系圧電セラミックス材料が用いられる。また、電極パターンおよび導体ペーストの構成材料にはAg、Ag/Pd、Pt、Ag/Pt等、上記の圧電セラミックス材料と焼成収縮特性が近似した金属材料が用いられる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の複数の実施例を図面に基いて説明する。

(第1実施例) 積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第1実施例について、図1～図5を用いて説明する。

【0017】図1(A)および(B)に示すように、積層型圧電アクチュエータ100は、横方向の振動モードを利用する積層型圧電アクチュエータであって、例えばPZT等の圧電セラミックス材料からなる複数層の圧電体層11の間に、一層おきに左右方向に位置がずらされて形成される電極層としての内部電極12を配設することにより積層体10が形成されている。なお第1実施例では、内部電極12は積層体10の側面に露出していないが、内部電極が積層体の側面に露出する構成であってもよい。

【0018】積層体10の積層方向の上面には一対の外部電極13が設けられている。そして、内部電極12の一端部12aは駆動面14から交互に露出しないようになっており、内部電極12の他端部12bは後述する溝部20の内壁に設けられた導体部21を介して外部電極13と電気的に接続され、上下に隣り合う内部電極12は異極となっている。

【0019】積層体10の積層方向の稜部に相当する部分には、積層体10の上面から下面に達する溝部20が縦方向に4箇所形成されている。この溝部20の内壁には、内部電極12と外部電極13とを内部電極12の一層おきに電気的接続する導体部21が設けられている。

【0020】次に、上記構成の積層型圧電アクチュエータ100の製造方法について説明する。

(1) 図5に示すステップS1において、セラミックス材料の一般的な作製法に乗取って、PbO、TiO₂、ZrO₂の粉末原料、およびその他添加物となる粉末原料を任意の組成になるよう秤量し、ボールミル法で純水中において24時間混合する。次に、乾燥機で混合粉末を110℃で乾燥させ、水分を除去する。乾燥した混合粉末を600℃～1000℃程度の温度で仮焼し、PZT系圧電セラミックスの仮焼粉末を得る。得られた仮焼粉末をボールミル法で純水中、24時間粉砕し、仮焼粉末の粒度をそろえる。

【0021】(2) 図5に示すステップS2において、粒度のそろった仮焼粉末をキシトール、トルエン等の溶剤と混ぜ分散させ、PVB(ポリビニルブチラール)等の結合剤を加えてスラリーを作る。このスラリーをドクタ

ーブレード法等により厚み20μm～200μmの任意の厚みにシート化する。

【0022】(3) 図5に示すステップS3において、打ち抜き型やパンチングマシン等を用いて上記のセラミックスグリーンシートを適当な大きさ、例えば50mm×50mmサイズの四角状に切断し、積層のための位置合わせ穴を形成する。そして、図5に示すステップS4において、グリーンシートの片面に例えばAg/PbペーストまたはPtペーストをスクリーン印刷法等により塗布し、電極パターンを形成する。このとき、積層体の内層に相当する圧電体層には、図2(A)または(B)に示すように、一層おきに内部電極となる電極パターン32を左右方向に位置をずらしてグリーンシート31に印刷する。また、積層体の最上層に相当する圧電体層には、図3に示すように、一対の外部電極となる電極パターン33をグリーンシート31の左右両端部に印刷する。

【0023】(4) 図5に示すステップS5において、電極パターンが印刷されたシートを100℃以下の温度で加熱しながら圧力を加え平滑化した後、設計通りに複数枚(5～40層)積層する。このとき、積層方向に上下隣り合う内部電極が互いに異極になるようにする。積層後、80℃～130℃程度に加熱しながら、20～100kg/cm²程度の圧力でグリーンシート間を圧着させる。

【0024】(5) 圧着後、図5のステップS6において、図4に示すように、所定の複数の箇所に貫通穴としてのスルーホール40を打ち抜き加工し、図5のステップS7において、各スルーホール40の内壁に例えばAg/PbペーストまたはPtペーストをスクリーン印刷法等により塗布し、グリーンシート積層体30を作製する。

【0025】(6) 図5に示すステップS8において、所定の切断装置を用いて各スルーホール40の位置が角部に相当するようにグリーンシート積層体30を切断した後、図5に示すステップS8において、400℃～750℃で脱バインダーを行い、大気中で1050℃～1200℃で焼成して積層型圧電アクチュエータを得る。なお、図2、図3および図4においては、上記の切断の箇所が一点鎖線で示されている。したがって、第1実施例においては、各スルーホール40の位置が図2、図3および図4の一点鎖線で示された切断線の交点に形成されている。

【0026】(7) 外部電極および導体部となる箇所にNi、Au等のめっきを施すか、または外部電極および導体部にめっきを施すことなく、一対の外部電極に各々入力用端子となるものを接続する。接続方法としては、はんだまたは導電性接着剤等が挙げられる。図5のステップS10において、一対の入力用端子に正負電源を接続し、加温しながら電圧を数分間かけて分極する。電圧の

印加条件としては、例えば130℃で10分間放置した後、2kV/mmの電圧を5分間印加する。上記の(1)～(7)の工程により、図1(A)および(B)に示す積層型アクチュエータ100が得られる。

【0027】次に、比較例1の積層型アクチュエータについて説明する。図10に示すように、比較例1においては、積層体70の上下方向に隣り合う内部電極72が積層体70の側面71に対して交互に位置がずらされており、積層体70の側面71に溝80を形成して溝80の内部に導通用電極81を配設し、この導通用電極81を介して内部電極72を上面に形成された一対の外部電極73に導通させるようにしている。ところが、このような構成の比較例1による圧電アクチュエータでは、積層体70の側面に溝80が形成されているため、曲げ強度が低下し、作動時に溝80の近傍に応力が集中して溝80の内壁を起点として破壊する恐れがある。また、一対の外部電極73同士が近接しているため、電気的な短絡を起こす恐れがある。

【0028】次に、比較例2の積層型アクチュエータについて説明する。図11に示すように、比較例2においては、積層体90の上下方向に隣り合う内部電極92が積層体90の左右方向に交互に位置がずらされており、積層体90の両端部の側面91に溝96を形成して溝96の内部に導通用電極97を配設し、この導通用電極97を介して内部電極92を上面に形成された一対の外部電極93に導通させるようにしている。ところが、このような構成の比較例2による圧電アクチュエータでは、非活性部面積が比較的大きくなり、それに伴って内部電極92が相互に重なり合う活性部面積が小さく、変位量が減少して伸び率が低下するという問題がある。

【0029】一方、図1(A)および(B)に示す第1実施例においては、積層体10の側面に溝を形成する必要がないので、曲げ強度が向上して作動時の破壊が防止される。また、積層体10の上面に設けられる一対の外部電極13は近接していないので、電気的な短絡が防止される。さらに、活性部面積を大きくとることが可能となり、変位量が増大して伸び率が向上する。

【0030】以上説明した本発明の第1実施例においては、積層体10の積層方向の稜部に相当する部分に上面から下面に達する溝部20が形成され、この溝部20の内壁に内部電極12と外部電極13とを内部電極の一層おきに電気的に接続する導体部21が設けられているので、作動時の応力集中を緩和し、その結果、クラック等の発生を抑制し、破壊を防止することができる。また、導体部21の接続不良を防止するとともに、駆動面14に外部電極を設ける必要がないので、外部電極の形成方法に関わらず、簡単な構成で駆動面14の剛性および寸法精度を向上することができる。

【0031】さらに第1実施例においては、積層型圧電アクチュエータ100の内部電極12となる電極パター

ン32、ならびに外部電極13となる電極パターン33をグリーンシート31に厚膜法により形成して積層し、内部電極12および外部電極13を接続する導体部21となる導体ペーストをグリーンシート積層体30に厚膜法により形成した後、スルーホール40の位置が角部に相当するように切断して同時焼成を施すことができる。したがって、高耐久性および高信頼性を有する積層型圧電アクチュエータ100を容易に製造することができ、製造コストを低減することができる。

10 【0032】(変形例)第1実施例の変形例を図14に示す。図14に示す変形例においては、内部電極12および外部電極13を接続する導体部121となる導体ペーストをグリーンシート積層体のスルーホール内に厚膜法の穴埋め印刷により形成したものである。変形例においても、第1実施例と同等の効果が期待できる。

【0033】以上説明した本発明の第1実施例では、積層体10の積層方向の稜部に相当する部分に積層体10の上面から下面に達する溝部20を縦方向に4箇所形成したが、本発明では、積層体の積層方向の稜部に相当する2箇所に溝部を形成してもよい。

【0034】また第1実施例では、積層体10の積層方向の上面に一対の外部電極13を設けたが、本発明では、積層体の積層方向の上下面に分けてそれぞれに外部電極を設けてもよい。

【0035】(第2実施例)本発明の第2実施例について説明する。第2実施例においては、図1に示す第1実施例の積層型圧電アクチュエータ100の製造方法を変更したものであり、構成は第1実施例と同様であるので、積層型圧電アクチュエータの構成についての説明を省略する。

【0036】第2実施例の積層型圧電アクチュエータの製造方法について、図6、図7および図8を用いて説明する。

(1) 図6に示すステップS11およびステップS12において、図5に示す第1実施例のステップS1およびステップS2と同様の工程により、PZT系圧電セラミックス原料を製造し、グリーンシートを作製する。

【0037】(2) 図6に示すステップS13において、打ち抜き型やパンチングマシン等を用いて上記のセラミックスグリーンシートを適当な大きさに切断し、積層のための位置合わせ穴を形成するとともに、所定の複数の箇所に通孔としてのスルーホールを打ち抜き加工する。

【0038】(3) 図6のステップS14において、各スルーホールの内壁およびグリーンシートの片面に例えばAg/PbペーストまたはPtペーストをスクリーン印刷法等により塗布する。このとき、積層体の内層に相当する圧電体層には、図7(A)または(B)に示すように、スルーホール140の内壁に導体ペーストを塗布するとともに、一層おきに内部電極となる電極パターン1

32を左右方向に位置をずらしてグリーンシート131に印刷する。また、積層体の最上層に相当する圧電体層には、図8に示すように、スルーホール140の内壁に導体ペーストを塗布するとともに、一对の外部電極となる電極パターン133をグリーンシート131の左右両端部に印刷する。

【0039】(4) 図6に示すステップS15～ステップS18において、図5に示す第1実施例のステップS5、ステップS8、ステップS9およびステップS10と同様の工程により、グリーンシートを積層し、各スルーホール140の位置が角部に相当するようにグリーンシート積層体を切断した後、焼成し分極する。なお、図7および図8においては、上記の切断の箇所が一点鎖線で示されている。したがって、第2実施例においては、各スルーホール140の位置が図7および図8の一点鎖線で示された切断線の交点に形成されている。上記の(1)～(4)の工程により、図1(A)および(B)に示す第1実施例の積層型アクチュエータ100と同様の積層型アクチュエータが得られる。

【0040】第2実施例においては、積層型圧電アクチュエータの内部電極となる電極パターン132、外部電極となる電極パターン133、ならびに内部電極および外部電極を接続する導体部となる導体ペーストを厚膜法によりグリーンシートに形成し積層した後、スルーホール140の位置が角部に相当するように切断して同時焼成を施すことができる。したがって、高耐久性および高信頼性を有する積層型圧電アクチュエータを容易に製造することができ、製造コストを低減することができる。

【0041】第1および第2実施例では、圧電材料にPZT系圧電セラミックス材料を用い、電極パターンおよび導体ペーストにAg/PbペーストまたはPtペーストを用いたが、本発明では、圧電体層を構成する材料の種類や組成、ならびに内部電極、外部電極および導体部の構成材料を変更することは可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第1実施例を示すものであって、(A)は平面図であり、(B)は斜視図である。

【図2】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第1実施例を示すものであって、(A)および(B)は内層に相当するグリーンシートを示す平面図である。

【図3】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第1実施例を示すものであって、最上層に相当するグリー

ンシートを示す平面図である。

【図4】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第1実施例を示すものであって、スルーホール形成後のグリーンシート積層体を示す平面図である。

【図5】本発明の第1実施例による積層型圧電素子の製造方法を示すフロー図である。

【図6】本発明の第2実施例による積層型圧電素子の製造方法を示すフロー図である。

【図7】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第2実施例を示すものであって、(A)および(B)は内層に相当するグリーンシートを示す平面図である。

【図8】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第2実施例を示すものであって、最上層に相当するグリーンシートを示す平面図である。

【図9】横方向の振動モードを利用する積層型圧電素子を説明するための模式図である。

【図10】比較例1による積層型圧電アクチュエータを示す平面図である。

【図11】比較例2による積層型圧電アクチュエータを示す平面図である。

【図12】従来の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

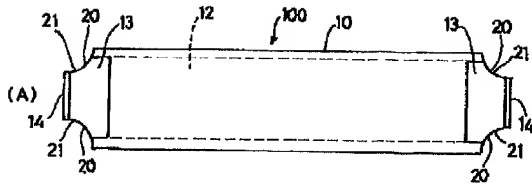
【図13】他の従来の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図14】積層型圧電アクチュエータに本発明を適用した第1実施例の変形例を示す平面図である。

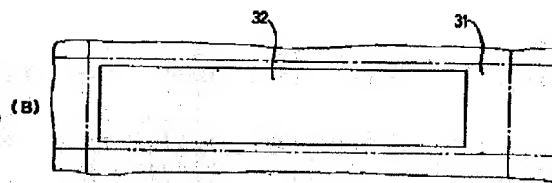
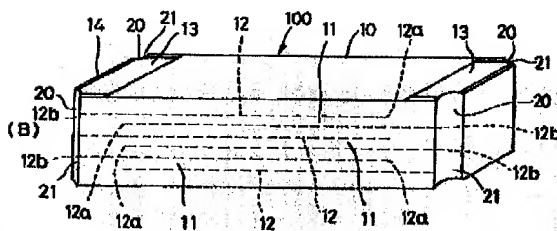
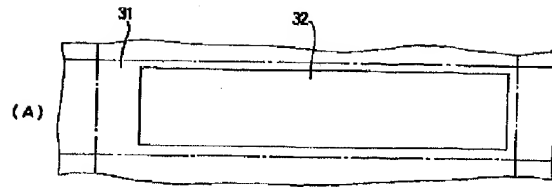
【符号の説明】

- 10 積層体
- 11 圧電体層
- 12 内部電極(電極層)
- 13 外部電極
- 14 駆動面
- 20 溝部
- 21 導体部
- 31 グリーンシート
- 32、33 電極パターン
- 40 スルーホール(貫通穴)
- 100 積層型圧電アクチュエータ(積層型圧電素子)
- 131 グリーンシート
- 132、133 電極パターン
- 140 スルーホール(通孔)

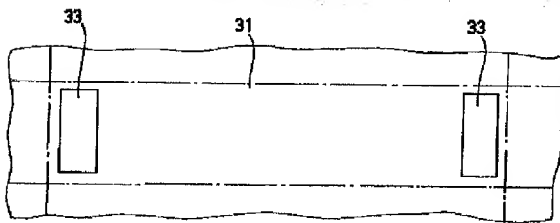
【図1】



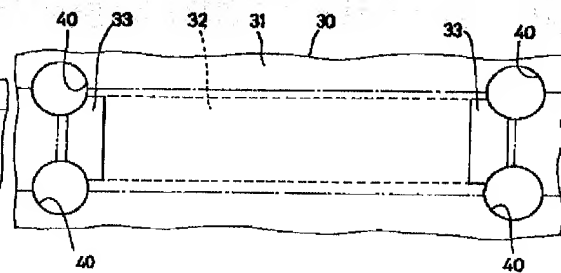
【図2】



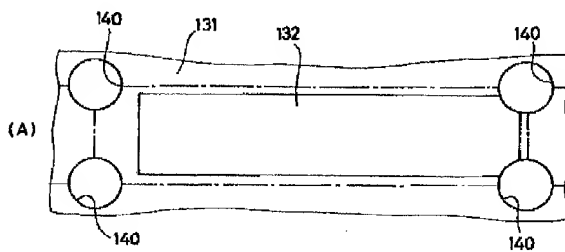
【図3】



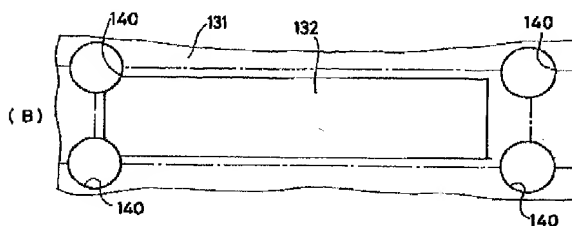
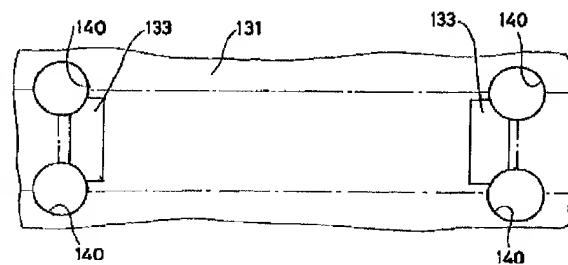
【図4】



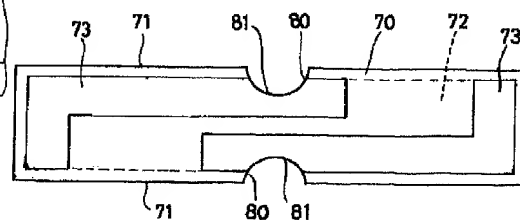
【図7】



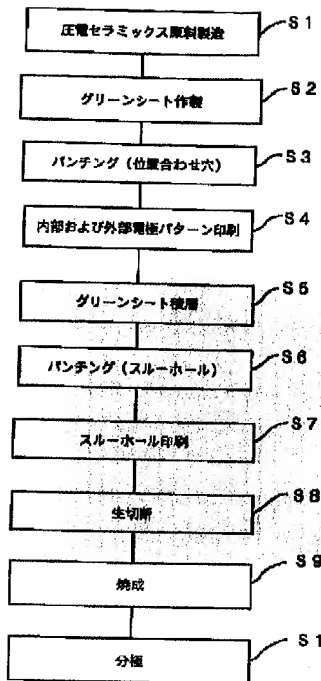
【図8】



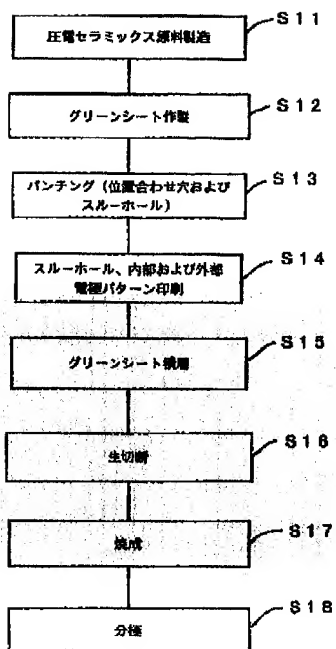
【図10】



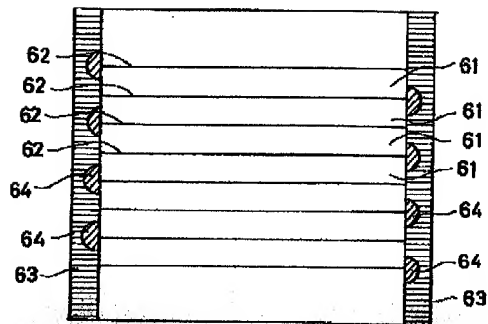
【図5】



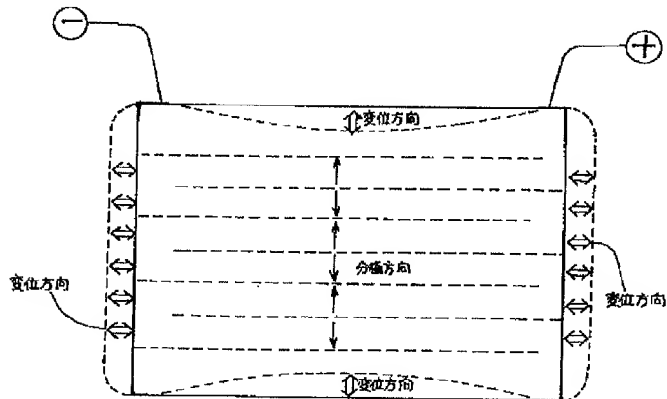
【図6】



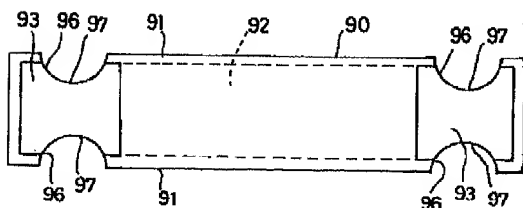
【図13】



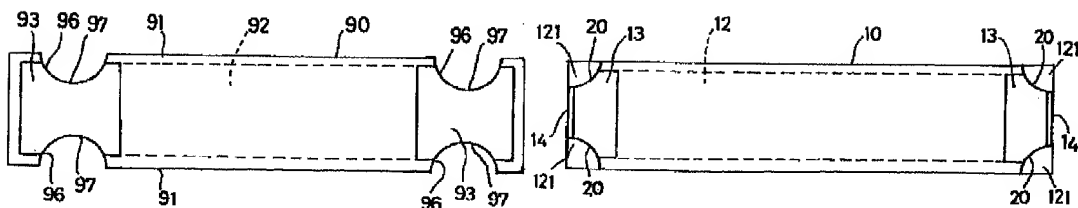
【図9】



【図11】



【図14】



(9)

特開2001-168405

【図12】

